

Family list

1 application(s) for: JP2003126760 (A)

1

**THIN FILM FORMING METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING  
THIN FILM STRUCTURE USING THE SAME, METHOD OF MANUFACTURING  
SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING  
ELECTROOPTIC DEVICE**

Inventor: ASUKE SHINTARO

Applicant: SEIKO EPSON CORP

EC:

IPC: G03F7/16; B05D1/26; H01L21/027; (+11)

Publication info: JP2003126760 (A) — 2003-05-07  
JP4192456 (B2) — 2008-12-10

Data supplied from the [esp@cenet](http://www.esp@cenet.org) database — Worldwide

**THIN FILM FORMING METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING THIN FILM STRUCTURE USING THE SAME, METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING ELECTROOPTIC DEVICE**

Publication number: JP2003126760 (A)

Publication date: 2003-05-07

Inventor(s): ASUKE SHINTARO

Applicant(s): SEIKO EPSON CORP

Classification:

- International: G03F7/16; B05D1/26; H01L21/027; H01L21/285; H01L21/768; G03F7/16; B05D1/26; H01L21/02; H01L21/70; (IPC1-7): B05D1/26; G03F7/16; H01L21/027; H01L21/285; H01L21/768

- European:

Application number: JP20010324120 20011022

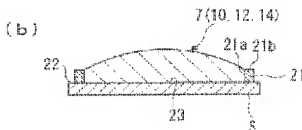
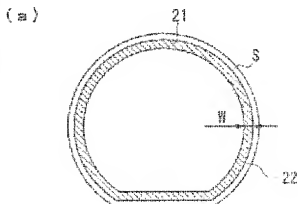
Priority number(s): JP20010324120 20011022

Also published as:

JP4192456 (B2)

**Abstract of JP 2003126760 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce manufacturing cost by decreasing the futile use of a coating liquid and to improve the in-plane uniformity of a thin film and the sharpness of contour in a method of forming the thin film by applying a coating liquid on a substrate. **SOLUTION:** The thin film forming method has a process for forming a bank part 21 on a contour part in a region where the thin film is formed on the substrate S by discharging a 1st coating liquid by ink-jet method and a process for discharging a 2nd coating liquid containing film forming components which has nearly the same composition as the 1st coating liquid on a pond part 23 surrounded by the bank part 21 by the ink-jet method.



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-126760

(P2003-126760A)

(43) 公開日 平成15年5月7日(2003.5.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
B 0 5 D	1/26	B 0 5 D 1/26	Z 2 H 0 2 5
G 0 3 F	7/16	G 0 3 F 7/16	4 D 0 7 5
H 0 1 L	21/027	H 0 1 L 21/285	Z 4 M 1 0 4
	21/285	21/30	5 6 4 Z 5 F 0 3 3
	21/768	21/90	Q 5 F 0 4 6
		審査請求 未請求 請求項の数15	O L (全 11 頁)
(21) 出願番号	特願2001-324120(P2001-324120)	(71) 出願人	000092369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成13年10月22日(2001.10.22)	(72) 発明者	足助 慎太郎 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅善 (外2名)

最終頁に続く

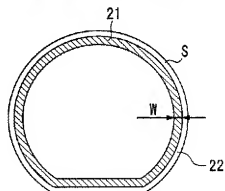
(54) 【発明の名称】 薄膜形成方法ならびにこれを用いた薄膜構造体の製造装置、半導体装置の製造方法、および電気光学装置の製造方法

(57) 【要約】

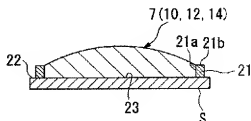
【課題】 基板上に塗布液を塗布して薄膜を形成する方法において、塗布液の無駄を低減させて生産コストの削減を図るとともに、薄膜の面内均一性の向上および輪郭の鮮明性の向上を実現する。

【解決手段】 基板S上の薄膜を形成する領域の輪郭部上に、インクジェット法により第1の塗布液を吐出して土手部21を形成する工程と、土手部21で囲まれた泡部23内に、第1の塗布液と略同一組成の膜構成成分を含む第2の塗布液を、インクジェット法により吐出する工程を有することを特徴とする薄膜形成方法。

(a)



(b)



#### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に塗布液を塗布して薄膜を形成する方法であって、

前記基板上の前記薄膜を形成する領域の輪郭部に、インクジェット法により第 1 の塗布液を吐出して土手部を形成する工程と、

前記土手部で囲まれた池部内に、前記第 1 の塗布液と略同一組成の膜構成成分を含有する第 2 の塗布液を、インクジェット法により吐出する工程を有することを特徴とする薄膜形成方法。

【請求項 2】 前記第 2 の塗布液の粘度が前記第 1 の塗布液の粘度以下であることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜形成方法。

【請求項 3】 前記第 1 の塗布液を吐出する前および／または前記第 2 の塗布液を吐出する前に、該塗布液が吐出される被吐出面に対して、表面改質処理を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の薄膜形成方法。

【請求項 4】 前記第 1 の塗布液を吐出する前に、該第 1 の塗布液が吐出される被吐出面に対して、濡れ性を低下させる第 1 の表面改質処理を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の薄膜形成方法。

【請求項 5】 前記第 2 の塗布液を吐出する前に、該第 2 の塗布液が吐出される被吐出面に対して、濡れ性を向上させる第 2 の表面改質処理を行うことを特徴とする請求項 3 または 4 のいずれかに記載の薄膜形成方法。

【請求項 6】 前記土手部の線幅が  $500\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の薄膜形成方法。

【請求項 7】 前記第 1 の塗布液および第 2 の塗布液が、フォトリソ液であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜形成方法。

【請求項 8】 基板上に薄膜が形成された薄膜構造体の製造方法であって、

請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜形成方法により前記薄膜を形成することを特徴とする薄膜構造体の製造方法。

【請求項 9】 層間絶縁膜を備えた半導体装置の製造方法であって、請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜形成方法により前記層間絶縁膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 10】 導電層をパターンニングしてなる配線を備えた半導体装置の製造方法であって、請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜形成方法により前記導電層を形成する工程と、該導電層をパターンニングする工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 11】 フォトリソグラフィ工程を含む半導体装置の製造方法であって、該フォトリソグラフィ工程が、請求項 7 記載の薄膜形成方法によりフォトリソ層を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の

製造方法。

【請求項 12】 基板上に透明導電膜を有する電気光学装置を製造する方法であって、請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜形成方法により前記透明導電膜を形成することを特徴とする電気光学装置の製造方法。

【請求項 13】 層間絶縁膜を備えた電気光学装置の製造方法であって、請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜形成方法により前記層間絶縁膜を形成することを特徴とする電気光学装置の製造方法。

【請求項 14】 導電層をパターンニングしてなる配線を備えた電気光学装置の製造方法であって、請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜形成方法により前記導電層を形成する工程と、該導電層をパターンニングする工程を有することを特徴とする電気光学装置の製造方法。

【請求項 15】 フォトリソグラフィ工程を含む電気光学装置の製造方法であって、該フォトリソグラフィ工程が、請求項 7 記載の薄膜形成方法によりフォトリソ層を形成する工程を含むことを特徴とする電気光学装置の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インクジェット法を用いて基板上に薄膜を形成する方法、ならびにこれを用いた薄膜構造体の製造方法、半導体装置の製造方法、および電気光学装置の製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来、薄膜を形成する際の塗布法として知られているスピコート法は、塗布液を基板上に滴下した後基板を回転させることにより、遠心力を利用して薄膜を形成する方法である。このスピコート法は、例えばフォトリソグラフィ工程に用いられるフォトリソ層の形成など、基板全面に薄膜を形成する方法として広く用いられている。

【0003】ところで、上記スピコート法は、供給された塗布液の大半が飛散してしまうため、多くの塗布液を供給する必要があると共に塗布液の無駄が多く、生産コストが高くなる不都合があった。また、基板を回転させるため、遠心力により塗布液が内側から外側へと流動し、外周領域の膜厚が内側よりも厚くなる傾向があり、膜厚が不均一になるという不都合があった。これらの対策のため、近年では、インクジェット装置を用いてフォトリソ液等の塗布液を塗布する方法が提案されている。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】インクジェット装置を用いて塗布する方法は、塗膜を形成しようとする領域にのみ塗布液を吐出する方法であるので、スピコート法に比べて塗布液の無駄が少ないが、例えば図 8 (a) に示すように塗布液を均一に塗布しても、この塗膜 91 が自然乾燥または強制乾燥により乾燥する過程で、図 8

(b)に示すようにエッジ部90に大きな盛り上がりが生じてしまうので、面内における均一性が不十分になり易いという問題があった。これは塗膜91のエッジ部90は、それよりも内側の領域に比べて表面積が大きいので、表面張力により内側に縮まろうとする力がより強く働くため、また外周部からの溶媒気化が速いので、濃度分布が生じ溶質が外側に移動する作用が働くためと考えられる。また、塗膜91の輪郭にしみ込みが生じ易いという問題もあった。

【0005】本発明は前述の課題に鑑みてなされたもので、塗布液の無駄を低減させて生産コストの削減を図るとともに、薄膜の面内均一性の向上および薄膜の輪郭の鮮明性の向上を実現することができる薄膜形成方法、ならびに薄膜構造体の製造方法、半導体装置の製造方法、および電気光学装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決するために以下の構成を採用した。すなわち、本発明の薄膜形成方法は、基板上に塗布液を塗布して薄膜を形成する方法であって、前記基板上の前記薄膜を形成する領域の輪郭部に、インクジェット法により第1の塗布液を吐出して土手部を形成する工程と、前記土手部で囲まれた池部（凹部）内に、前記第1の塗布液と略同一組成の膜構成成分を含有する第2の塗布液を、インクジェット法により吐出する工程を有することを特徴とする。

【0007】本発明の薄膜形成方法は、インクジェット法を用いるので、所定の部位に所定の塗布量で塗布液を塗布することができる。したがって、スピコート法に比べて塗布液の無駄が格段に少なく、生産コストの削減を実現することができる。また、インクジェット法は、塗布領域や塗布順序を自在に設定することができるので、まず薄膜が形成される領域の輪郭部上にのみ第1の塗布液を吐出して土手部を形成し、その後、該土手部の内側の池部に第2の塗布液を吐出して塗膜を形成することが可能である。第1の塗布液と第2の塗布液とは略同一組成の膜構成成分を含有しているので、第1の塗布液からなる土手部と第2の塗布液からなる池部内の塗膜とは、容易に一体化し、全体として境界の無い均一な塗膜が形成される。

【0008】前記土手部は塗布領域の輪郭部上にのみ設けられるので、その幅は比較的小さく、したがって土手部におけるエッジ部とその他の部分とでの表面張力の差は小さく抑えられる。このため、乾燥過程において、土手部のエッジ部とその他の部分とで膜厚の差が生じ難く、高さ（膜厚）の均一性が良好な土手部が得られる。また、第1の塗布液からなる土手部は、第2の塗布液が塗布されるまでの間に経時変化を生じ、第2の塗布液が塗布されたときには半硬化状態または硬化状態となっている。したがって、第1の塗布液からなる土手部と第2

の塗布液からなる池部内の塗膜とで構成される薄膜全体のエッジ部と異なる土手部は、池部内の塗膜が乾燥、硬化する間も高さ（膜厚）の均一性が良好な状態が保たれる。また池部内の塗膜は表面状態がほぼ均一であるので、表面張力の差が生じ難い。したがって、池部内の塗膜が乾燥する過程で、部分的に塗膜が盛り上がるのが防止され、全体として面内均一性に優れた薄膜が得られる。

【0009】本発明の薄膜形成方法において、前記第2の塗布液の粘度が前記第1の塗布液の粘度以下であることが好ましい。本発明の薄膜形成方法においては、土手部を形成する第1の塗布液の粘度が高い方が、幅が狭く、したがって膜厚の不均一性が生じ難い土手部を形成することができる。また、土手部の高さを高く形成するうえでも好ましい。また第1の塗布液における溶剤の含有量が少なく粘度が高い方が、より短時間で土手部が半硬化状態または硬化状態となるので好ましい。第2の塗布液は第1の塗布液と同等の粘度でもよいが、土手部に比べて広面積の池部に塗布されるので、粘度が低い方が塗布された面に沿って広がり易く、塗膜の均一性を向上させるうえで好ましい。また低粘度である方が、インクジェット装置における吐出不良も生じにくい。

【0010】本発明の薄膜形成方法において、前記第1の塗布液を吐出する前および/または前記第2の塗布液を吐出する前に、該塗布液が吐出される被吐出面に対して、表面改質処理を行うことが好ましい。被吐出面に対して表面改質処理を行って濡れ性を変化させることにより、被吐出面に対する塗布液の接触角を制御することができるので、塗膜の形状、膜厚、面内均一性等の制御が可能となり、塗膜の輪郭をより鮮明にすることができる。

【0011】本発明の薄膜形成方法において、前記第1の塗布液を吐出する前に、該第1の塗布液が吐出される被吐出面に対して、濡れ性を低下させる第1の表面改質処理を行うことが好ましい。かかる構成によれば、被吐出面に対する第1の塗布液の接触角が大きくなって、吐出された第1の塗布液が被吐出面に沿って広がり難くなる。したがって、幅が狭い土手部を形成することができる。土手部の輪郭が鮮明になりしみ込みが防止される。また、土手部の高さを高く形成するうえでも好ましい。さらに、土手部の外壁の立ち上がりが急峻になり、エッジ部においても高さの均一性が良好になる。

【0012】また本発明の薄膜形成方法において、前記第2の塗布液を吐出する前に、該第2の塗布液が吐出される被吐出面に対して、濡れ性を向上させる第2の表面改質処理を行うことが好ましい。かかる構成によれば、被吐出面に対する第2の塗布液の接触角が小さくなって、吐出された第2の塗布液が被吐出面に沿って広がり易くなるので、これにより第2の塗布液からなる池部内の塗膜の面内均一性を向上させることができる。

【0013】本発明の薄膜形成方法において、前記土手部の幅が500μm以下であることが好ましい。土手部の幅が500μm以下であれば、土手部におけるエッジ部とその他の部分とでの表面張力の差が十分に小さいので、乾燥過程で幅の差が生じ難く、高さの均一性が良好な土手部が得られる。

【0014】本発明の薄膜形成方法において、前記第1の塗布液および第2の塗布液として、フォトレジスト液を好ましく適用することができる。これにより、面内均一性が優れたフォトレジスト層を形成することができ、高い露光精度を得ることができる。また比較的高単価であるフォトレジスト液の無駄が少ないので、生産コストの削減を図ることができる。具体的には、半導体装置の製造工程におけるフォトリソグラフィ工程や、電気光学装置の製造工程におけるフォトリソグラフィ工程に、本発明の薄膜形成方法を好ましく適用することができる。

【0015】また本発明の薄膜形成方法は、各種分野における薄膜の形成に適用可能である。本発明の薄膜構造体の製造方法は、基板上に薄膜が形成された薄膜構造体の製造方法であって、本発明の薄膜形成方法により前記薄膜を形成することを特徴とする。かかる方法によれば、面内均一性に優れた薄膜を備えた薄膜構造体を得られるとともに、該薄膜を形成する塗布液の無駄を削減して生産コストの低減を図ることができる。具体的には、半導体装置の製造工程および電気光学装置の製造工程における層間絶縁膜を形成する工程、半導体装置の製造工程および電気光学装置の製造工程における配線形成のための導電層を形成する工程、電気光学装置の製造工程における透明導電膜を形成する工程に、本発明の薄膜形成工程を好ましく適用することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る第1実施形態を説明する。図1は、半導体装置の製造方法の一例として、シリコンゲートCMOSデバイスの製造工程の例を工程順に示したものである。この例の製造工程を概略説明すると、まず、図1(a)に示すように、n型基板1の表面を酸化処理して該基板表面の全面に酸化膜2を形成した後、第1のフォトリソグラフィ工程を経て、酸化膜2に、pウェル形成のための開口部2aを形成する。そして、この開口部2aを介してボロンイオン打ち込みを行ってpウェル3を形成した後、酸化膜2を除去する。次いで、図1(b)に示すように、シリコン酸化膜4およびシリコン窒化膜5を順に形成した後、第2のフォトリソグラフィ工程を経て、このシリコン酸化膜4およびシリコン窒化膜5をパターンニングして、フィールド領域形成用パターン6を形成する。

【0017】次いで、図1(c)に示すように、全面にフォトレジスト層7を形成した後、第3のフォトリソグラフィ工程を経て、このフォトレジスト層7をパターンニングして、pチャネルカバレッジ用パターン（レジスタ

ターン）7aを形成する。そして、ボロンイオン打ち込みを行ってチャネルストップを形成した後、レジストパターン7aを除去する。次いで、図1(d)に示すように、フィールド酸化膜8を形成した後、シリコン酸化膜4およびシリコン窒化膜5を除去する。次いで、図1(e)に示すように、ゲート酸化膜9を形成した後、全面にフォトレジスト層10を形成し、第4のフォトリソグラフィ工程を経て、このフォトレジスト層10をパターンニングすることにより、Vthコントロール用パターン（レジストパターン）10aを形成する。そして、ボロンイオン打ち込みを行ってVthコントロールを形成した後、レジストパターン10aを除去する。その後、図1(f)に示すように、全面にポリシリコン層11を形成し、続いて全面にリン拡散を行った後、第5のフォトリソグラフィ工程を経て、ポリシリコン層11をパターンニングする。

【0018】次いで、図1(g)に示すように、全面にフォトレジスト層12を形成し、第6のフォトリソグラフィ工程を経て、このフォトレジスト層12をパターンニングすることにより、nチャネルソース/ドレイン用開口部以外の領域を覆うレジストパターン12aを形成する。そして、ヒ素イオン打ち込みを行ってnチャネルソース/ドレイン13を形成した後、レジストパターン12aを除去する。次いで、図1(h)に示すように、全面にフォトレジスト層14を形成し、第7のフォトリソグラフィ工程を経て、このフォトレジスト層14をパターンニングすることにより、pチャネルソース/ドレイン用開口部以外の領域を覆うレジストパターン14aを形成する。そして、ボロンイオン打ち込みを行う。これにより図1(i)に示すように、pチャネルソース/ドレイン15を形成し、この後レジストパターン14aを除去する。次いで、図1(j)に示すように、全面に層間絶縁膜16を形成し、リフローを行った後、第8のフォトリソグラフィ工程を経て層間絶縁膜16をパターンニングすることにより、pコンタクト開口部を形成する。次いで、図1(k)に示すように、全面に導電層17を形成した後、第9のフォトリソグラフィ工程を経て導電層17をパターンニングして配線17aを形成する。この後、図示していないが、全面にパッシベーション膜を形成した後、第10のフォトリソグラフィ工程を経てパッシベーション膜にボンディング用開口部を形成する。

【0019】図2はレジストパターン7a、10a、12a、14aを形成する工程を概略示した説明図である。本実施形態において、フォトレジスト層7、10、12、14を形成する工程は、本発明の薄膜形成方法を用いて行われる。レジストパターン7a、10a、12a、14aを形成するにはまず、図2に示すように、前工程を終えた基板S（以下、単に基板Sといふこともある）のほぼ全面上に、インクジェット法を用いた本発明の薄膜形成方法によりフォトレジスト液を塗布した後、

ベアキングを行って塗膜を硬化させることによりフォトレジスト層7(10, 12, 14)を形成する。そして、このフォトレジスト層7(10, 12, 14)に対して、所定形状の遮光部を有するフォトマスクを介して露光を行った後、現像することにより、所定形状のレジストパターン7a(10a, 12a, 14a)が得られる。

【0020】図3は、フォトレジスト液を塗布するのに好適に用いられるインクジェット装置の例を示した概略斜視図である。この例の装置100は、インクジェットヘッド群101、X方向駆動軸104、Y方向ガイド軸105、制御装置106、載置台107、クリーニング機構部108、基台109を備えている。載置台107は、Y方向ガイド軸105上を移動可能に構成されており、液体材料が付与される対象である基板Sを基準位置に固定する機構を備えている。インクジェットヘッド群101には、液体材料を載置台107上の基板Sに向かって吐出するノズル(吐出口)を備えたインクジェットヘッドが複数個設けられている。なお、本実施形態ではインクジェットヘッドを複数個設けたが、インクジェットヘッドを1個だけ設けてもよい。

【0021】X方向駆動軸104には、X方向駆動モータ102が接続されている。X方向駆動モータ102は、ステッピングモータ等であり、制御装置106からX軸方向の駆動信号が供給されるとX方向駆動軸104を回転させる。X方向駆動軸104が回転するとインクジェットヘッド群101がX軸方向に移動する。Y方向ガイド軸105は、基台109に対して動かないように固定されており、Y方向ガイド軸105上の載置台107はY方向駆動モータ103に接続されている。Y方向駆動モータ103は、ステッピングモータ等であり、制御装置106からY軸方向の駆動信号が供給されると、載置台107をY軸方向に移動させる。制御装置106は、インクジェットヘッド群101に設けられている各インクジェットヘッドに対してインク滴の吐出制御用の電圧を供給する。また、X方向駆動モータ102に対して、インクジェットヘッド群101のX軸方向の移動を制御するための駆動パルス信号(X軸方向の駆動信号)を供給するとともに、Y方向駆動モータ103に対して、載置台107のY軸方向の移動を制御するための駆動パルス信号(Y軸方向の駆動信号)を供給する。

【0022】クリーニング機構部108は、インクジェットヘッド群101をクリーニングする機構を備えている。クリーニング機構部108は、図示しない駆動モータに接続されており、この駆動モータの駆動により、Y方向ガイド軸105に沿って移動できるように構成されている。クリーニング機構部108の移動も制御装置106によって制御される。

【0023】かかる構成のインクジェット装置100を用いて、フォトレジスト液を塗布する工程について説明

する。まず、図4(a)に示すように、前工程を終えた基板Sに対して、インクジェット装置100により、第1のフォトレジスト液(塗布液)を吐出して土手部21を形成する。必要に応じて、その前に第1の表面改質処理を行うことが好ましい。

【0024】第1の表面改質処理としては、第1のフォトレジスト液が吐出される被吐出面の濡れ性が低下して、この被吐出面に対する第1のフォトレジスト液の接触角が大きくなるような処理を行う。具体的な方法としては、波長170～400nm程度の紫外線を照射する方法、オゾン雰囲気中に曝す方法、各種ガスを適宜用いた真空プラズマ照射を行う方法、各種ガスを適宜用いた常圧(大気圧)プラズマ照射を行う方法、例えばHMD S処理( $(CH_3)_3SiNHSi(CH_3)_2$ )を蒸気状にして塗布する方法)などのカップリング剤を用いる処理方法、あるいは、例えば紫外線を照射しながらオゾン雰囲気中に曝すなど、複数の手法を組み合わせた方法等が挙げられる。これらの表面改質処理において、どの処理方法によって、どのような濡れ性の変化が生じるかは、処理が行われる被吐出面の物性、ここに吐出される第1のフォトレジスト液の物性、および両者の相性によって異なるので、被吐出面の状態や第1のフォトレジスト液の組成に応じて適宜の方法を選択する。

【0025】第1の表面改質処理は、前工程を終えた基板Sの表面のうち、少なくとも第1のフォトレジスト液が吐出される部分に行えばよいが、基板Sの全面に対して行ってもよい。また、第1の表面改質処理が施された被吐出面は、経時的に濡れ性が変化し得るので、第1のフォトレジスト液を吐出する直前に第1の表面改質処理を行うことが好ましい。ここで、被吐出面(固体)に対するフォトレジスト液(液体)の接触角とは、図5に示すように、固体と液体と蒸気の3者が接触する点において、液体表面の接線と固体表面とがなす角度θをいう。

【0026】第1のフォトレジスト液は、感光性樹脂からなるレジスト材料(膜構成成分)を適宜の溶剤で希釈して得られる。第1のフォトレジスト液の粘度が高い方が、幅が狭く、したがって膜厚の不均一性が生じ難い土手部を形成するうえで好ましいが、粘度が高くなるとインクジェット装置からの吐出不良が生じ易くなる。したがって第1のフォトレジスト液の粘度は20cP以下とすることが好ましく、より好ましくは12cP～8cP程度とする。また第1のフォトレジスト液は、放置状態で半硬化状態または硬化状態になるまでの時間が短いことが好ましい。そのために、溶剤の配合割合を少なくしたり、速乾性の溶剤を用いることが好ましい。あるいは、雰囲気組成を変更することによっても溶剤が揮発する速さを制御することができる。

【0027】本実施形態において、第1のフォトレジスト液は、図4(a)に示すように、基板Sの外周に覆って、かつ外周部に若干の余白部22を残して略矩形を描

くように吐出される。すなわち、本実施形態において、フォトレジスト層7（10、12、14）が形成される領域は、基板S上の、外周部の余白部22を除いた領域である。したがって、第1のフォトレジスト液はこのフォトレジスト層7（10、12、14）が形成される領域の輪郭部に沿って塗布される。ここで輪郭部とは輪郭線および輪郭線の内側の帯状部分を含む領域をいう。このように、基板Sの外周部に余白部22を設けることにより、基板Sの表面上に吐出された第1のフォトレジスト液が、基板Sの裏面に付着するのを防止することができ、この後の洗浄作業を簡単にすることができる。

【0028】第1のフォトレジスト液によって形成された略環状の土手部21の線幅W（塗布直後の幅）は、大きくすると土手部21の線幅方向における表面張力の差に起因して膜厚の不均一が生じ易くなるので、500 $\mu$ m以下とすることが好ましい。一方、線幅Wが小さ過ぎるとインクジェット法による塗布が困難となるので、土手部21の線幅Wは80 $\mu$ m以上とすることが好ましい。また土手部21の高さ（塗布直後の高さ）は、ベーク工程を経た後の高さで、基板S上に形成しようとするフォトレジスト層7（10、12、14）の硬化後の厚さと等しくなるように設定される。塗布時からベーク後までの間に、土手部21が収縮する程度は、第1のフォトレジスト液の組成にもよるが、例えばフォトレジスト層7（10、12、14）の硬化後の厚さを1 $\mu$ mと設定する場合には、塗布後の土手部21の高さを2 $\sim$ 4 $\mu$ m程度とすることが好ましい。また土手部21を所望の高さに形成するために、同じ部位に、第1のフォトレジスト液を複数回吐出して、重ね塗りをしてもよい。

【0029】このようにして土手部21を形成した後、図4（b）に示すように、インクジェット装置100により、土手部21で囲まれた池部23内に第2のフォトレジスト液（塗布液）を吐出する。また、必要に応じて、その前に第2の表面改質処理を行うことが好ましい。

【0030】第2の表面改質処理としては、第2のフォトレジスト液が吐出される被吐出面の濡れ性が向上して、この被吐出面に対する第2のフォトレジスト液の接触角が小さくなるような処理を行う。ここで第2の表面改質処理を施す面は、少なくとも土手部21で囲まれた池部23の底面と、土手部21の内壁21aと土手部21の上面21bとを含むことが好ましい。第2の表面改質処理の具体的な方法は、上記第1の表面改質処理の方法と同様の手法を用いることができる。これらの表面改質処理法において、どの処理法によって、どのような濡れ性の変化が生じるかは、処理が行われる被吐出面の物性、ここに吐出される第2のフォトレジスト液の物性、および両者の相性によって異なるので、被吐出面の状態

や第2のフォトレジスト液の組成に応じて適宜の方法を選択する。また、第2の表面改質処理が施された被吐出面は、経時的に濡れ性が変化し得るので、第2のフォトレジスト液を吐出する直前に第2の表面改質処理を行うことが好ましい。

【0031】第2のフォトレジスト液は、その溶剤を除く膜構成成分が、第1のフォトレジスト液における膜構成成分と略同一組成となっており、両フォトレジスト液からなる塗膜が互いに分離せず容易に一体化されるように調整される。具体的には、第1のフォトレジスト液と同じ感光性樹脂からなるレジスト材料（膜構成成分）を、適宜の溶剤で希釈して第2のフォトレジスト液を得ることができる。第2のフォトレジスト液の粘度は、第1のフォトレジスト液と同等でもよいが、粘度が低い方が、吐出後に池部23の底面に沿って広がり易いので、塗膜が平坦化され易くて塗布ムラが生じ難く、塗膜の均一性を向上させるうえで好ましい。また、第2のフォトレジスト液の粘度が低くなり、ベーク時に収縮する時間にも長くなる。したがって、第2のフォトレジスト液の粘度は8cP $\sim$ 2cP程度が好ましく、より好ましくは5cP $\sim$ 3cP程度とする。

【0032】本実施形態において、第2のフォトレジスト液の塗布は、第1のフォトレジスト液の塗布に用いたインクジェット装置100と同様の構成のインクジェット装置を用いて行うことができる。第2のフォトレジスト液は、池部23全部を満たすように吐出される。また、ベーク工程を経て溶剤が除去されると塗膜が収縮するので、図4（b）に示すように、第2のフォトレジスト液の塗布直後において、池部23の外周部では土手部21と同じ厚さとなるように、かつ池部23の中央部は外周部よりも厚く盛り上がった状態となるように、塗布することが好ましい。池部23の中央での塗膜の高さ（塗布直後の高さ）は、第2のフォトレジスト液を塗布した時点からベーク後までの間における、土手部21の収縮、および池部23内の塗膜の収縮を考慮して、ベーク後に土手部21と池部23内の塗膜とが、均一な厚さの層を形成するように設定することが好ましい。例えばベーク後のフォトレジスト層7（10、12、14）の高さを1 $\mu$ mと設定する場合には、池部23の中央での塗膜の高さ（塗布直後の高さ）を2 $\sim$ 4 $\mu$ m程度とすることが好ましい。また池部23内の塗膜を所望の高さに形成するために、同じ部位に、第2のフォトレジスト液を複数回吐出して、重ね塗りをしてもよい。

【0033】また第2のフォトレジスト液を、インクジェット法により池部23内に塗布する際には、池部23の中央部から塗布し始め、外側へ向かって順次塗布する



ことが好ましい。このようにすれば、土手部 21 が形成されてから、この土手部 21 に第 2 のフォトレジスト液が接触するまでの時間が長くなり、第 2 のフォトレジスト液が接触するまでの間に、土手部 21 の硬化がより進むので好ましい。

【0034】このようにして、土手部 21 に囲まれた池部 23 内に第 2 のフォトレジスト液を塗布した後、適宜の手法によりベークを行うことにより、溶剤が除去されて塗膜が硬化し、基板 S のほぼ全面にフォトレジスト層 7 (10, 12, 14) が形成される。土手部 21 を形成する第 1 のフォトレジスト液と、池部 23 内の塗膜を形成する第 2 のフォトレジスト液とは、略同一組成のレジスト材料 (膜構成成分) からなっているので、土手部 21 と池部 23 内の塗膜とは一体化し、境界の無い均一なフォトレジスト層 7 (10, 12, 14) が形成される。このフォトレジスト層 7 は、土手部 21 が半硬化または硬化した状態で、池部 23 に塗膜が形成され、両者が一体化してなるものであるので、エッジ部の盛り上がりは極めて小さく、全体として厚さの面内均一性が良好な薄膜となっている。

【0035】本実施形態によれば、半導体装置の製造工程におけるフォトリソグラフィ工程において、基板 S のほぼ全面に面内均一性に優れたフォトレジスト層 7 (10, 12, 14) が形成される。このフォトレジスト層 7 (10, 12, 14) は、図 2 に示すように、次工程で露光されるが、面内均一性に優れているので高い露光精度が得られる。したがって、この露光後に現像を行って得られるレジストパターン 7a (10a, 12a, 14a) の形状精度が高く、半導体装置の形状精度を向上させることができる。またフォトレジスト液は比較的高単価であるが、これをインクジェット法を用いて塗布するので、フォトレジスト液の無駄を少なくすることができる。例えば、一般的にスピコート法で塗布するときの塗布液の利用効率は 5% 程度で、95% 程度は無駄になってしまうのに対して、本実施形態では、フォトレジスト液の利用効率は 80~90% 程度と格段に高く、生産コストの大幅な削減を図ることができる。

【0036】また本実施形態において、酸化膜 2 をパターンニングする第 1 のフォトリソグラフィ工程を、本発明の薄膜形成方法を用いて行うことができる。図 6 は酸化膜 2 をパターンニングする第 1 のフォトリソグラフィ工程を概略示した説明図である。すなわち、まず前工程を終えた基板 S、すなわち酸化膜 2 が形成された基板 S のほぼ全面に、インクジェット法によりフォトレジスト液 (塗布液) を塗布する。このフォトレジスト液を塗布する工程は、前述の方法と同様に、土手部 21 形成した後、この土手部 21 に囲まれた池部 23 内に塗膜を形成する方法で行う。そして、ベークを行って塗膜を硬化させることによりフォトレジスト層 (図示せず) を形成し、このフォトレジスト層に対して、所定形状の露光

部を有するフォトマスクを介して露光を行った後、現像することにより、所定形状のレジストパターンを得る。ここまでは、前述のレジストパターン 7a (10a, 12a, 14a) を形成するのと同じ手順で行うことができる。その後、レジストパターンをエッチさせたものをエッチングマスクとしてレジストパターン 7 の下層、すなわち酸化膜 2 のエッチングを行った後、レジストパターンを除去する。これによりパターンニングされた酸化膜 2 が得られる。

【0037】かかる方法を用いれば、酸化膜 2 をパターンニングする第 1 のフォトリソグラフィ工程において、基板 S のほぼ全面に面内均一性に優れたフォトレジスト層を形成することができ、これを露光した時には高い露光精度が得られる。したがって、露光後に現像を行って得られるレジストパターンの形状精度が高く、このレジストパターンをエッチングマスクとして酸化膜 2 をエッチングしたときに、良好なエッチング精度が得られる。また比較的高価なフォトレジスト液の無駄を少なくして、生産コストの削減に寄与することができる。

【0038】また、本実施形態において、前記酸化膜 2 をパターンニングする第 1 のフォトリソグラフィ工程だけでなく、シリコン酸化膜 4 およびシリコン窒化膜 5 をパターンニングする第 2 のフォトリソグラフィ工程、ポリシリコン層 11 をパターンニングする第 5 のフォトリソグラフィ工程、層間絶縁膜 16 をパターンニングする第 8 のフォトリソグラフィ工程、A1 スパッタ層 17 をパターンニングする第 9 のフォトリソグラフィ工程、およびバッシンペーション膜をパターンニングする第 10 のフォトリソグラフィ工程についても同様に、図 6 に示した手順で、フォトレジスト層の形成に本発明の薄膜形成方法を用いて行うことができ、同様の作用効果が得られる。

【0039】また、本実施形態において、前工程を終えた基板 S のほぼ全面に層間絶縁膜 16 を形成する工程を、本発明の薄膜形成方法により行うことができる。すなわち、層間絶縁膜 16 を形成する材料として、塗布型の層間絶縁膜液体材料や多孔質層間絶縁膜液体材料などの液状材料を用い、前述のインクジェット装置 100 を用いてフォトレジスト液を塗布する方法と同様に、土手部 21 形成した後、この土手部 21 に囲まれた池部 23 内に塗膜を形成する方法で層間絶縁膜 16 を形成することができる。

【0040】かかる方法を用いれば、基板 S のほぼ全面に面内均一性に優れた層間絶縁膜 16 を形成することができるとともに、液体材料の無駄を少なくして、生産コストの削減に寄与することができる。

【0041】また、本実施形態において、前工程を終えた基板 S のほぼ全面に導電層 17 を形成する工程を、本発明の薄膜形成方法により行うことも可能である。すなわち、導電層 17 を形成する材料として、例えば ITO 膜形成用の液状材料を用い、前述のインクジェット装

膜100を用いてフォトレジスト液を塗布する方法と同様に、土手部21を形成した後、この土手部21に囲まれた池部23内に塗膜を形成する方法で導電層17を形成することができる。そして、この導電層17を、第9のフォトリソグラフィ工程によりパターンニングして配線17aを形成する。

【0042】かかる方法を用いれば、基板Sのほぼ全面に面内均一性に優れた導電層17を形成することができ、面内均一性に優れた配線17aが得られる。また、液体材料の無駄が少ないので、生産コストの削減に寄与することができる。

【0043】なお、本実施形態では、半導体装置の製造方法の例として、シリコンゲートCMOSデバイスの製造工程の例を挙げて説明したが、この例に限らず、例えばシリコンゲートnMOSデバイスの製造工程や、pn接合分離型バイポーラデバイスの製造工程においても、同様に、フォトレジスト層の形成や、層間絶縁膜の形成や、導電層の形成を、本発明の薄膜形成方法を用いて行うことができる。

【0044】次に、本発明に係る第2実施形態として、電気光学装置の製造方法について説明する。図7は、ガラス基板上にTFT (Thin Film Transistor, 薄膜トランジスタ) が形成されたTFTアレイ基板51の製造工程の一例を工程順に示したものである。本実施形態のTFT基板51は、スイッチング素子を備えた透明基板として、液晶表示装置、有機ELディスプレイ、フィールドエミッションディスプレイなど各種の電気光学装置の構成部品として用いられるものである。

【0045】図中符号31はガラス基板を示す。この例の製造工程を概略説明すると、まずガラス基板31に対して、研磨工程32、続いて初期洗浄工程33を施した後、第1のITO(indium tin oxide, インジウムスズ酸化物)膜形成工程34を行う。そして第1のフォトリソグラフィ工程35により第1のITO膜をパターンニングする。次いで、層間絶縁膜形成工程36を行い、続いてゲート膜形成工程37を行った後、第2のフォトリソグラフィ工程38によりゲート膜をパターンニングする。次いで、第2のITO膜形成工程39を行った後、第3のフォトリソグラフィ工程40により第2のITO膜をパターンニングする。

【0046】次いで、ゲート絶縁膜形成工程41を行った後、第4のフォトリソグラフィ工程42によりゲート絶縁膜をパターンニングする。次いで、i形アモルファスシリコン膜(i-a-Si膜)形成工程43を行った後、第5のフォトリソグラフィ工程44によりi-a-Si膜をパターンニングする。次いで、エッチングストップ膜形成工程45を行った後、第6のフォトリソグラフィ工程46によりエッチングストップ膜をパターンニングする。次いで、n形アモルファスシリコン膜(n-a-Si膜)形成工程47を行った後、第7のフォトリソ

グラフィ工程48によりn-a-Si膜をパターンニングする。次いで、ソース・ドレイン電極層形成工程49を行なった後、第8のフォトリソグラフィ工程50によりソース・ドレイン電極層をパターンニングして、TFTアレイ基板(逆スタガ型)51が得られる。

【0047】本実施形態において、第1のフォトリソグラフィ工程35により第1のITO膜をパターンニングする工程は、前述の図6に示す手順で、フォトレジスト層の形成に本発明の薄膜形成方法を用いて行う。すなわち、まず第1のITO膜形成工程34を終えた基板Sのほぼ全面に、インクジェット法によりフォトレジスト液を塗布する。このフォトレジスト液を塗布する工程は、前述の方法と同様に、まず第1のフォトレジスト液で土手部21形成した後、この土手部21に囲まれた池部23内に第2のフォトレジスト液で塗膜を形成する方法で行う。そして、ベークングを行って塗膜を硬化させることによりフォトレジスト層を形成し、このフォトレジスト層に対して、所定形状の透光部を有するフォトマスクを介して露光を行った後、現像することにより、所定形状のレジストパターンを得る。この後、レジストパターンをクリアさせたものをエッチングマスクとして第1のITO膜のエッチングを行った後、レジストパターンを除去する。これによりパターンニングされたITO膜が得られる。

【0048】また、本実施形態において、前記第1のフォトリソグラフィ工程35だけでなく、第2～第8のフォトリソグラフィ工程38、40、42、44、46、48、50についても同様に、前述の図6に示す手順で、フォトレジスト層の形成に本発明の薄膜形成方法を用いて行う。

【0049】本実施形態によれば、第1～第8のフォトリソグラフィ工程35、38、40、42、44、46、48、50において、基板Sのほぼ全面に、面内均一性に優れたフォトレジスト層を形成することができ、これを露光した時には高い露光精度が得られる。したがって、露光後に現像を行って得られるレジストパターンの形状精度が高く、このレジストパターンをエッチングマスクとしてエッチングを行うことにより、良好なエッチング精度が得られる。また比較的高価なフォトレジスト液の無駄を少なくして、生産コストの削減に寄与することができる。

【0050】なお本実施形態では、電気光学装置を構成するTFT基板の製造工程の例を挙げたが、これに限らず、各種の電気光学装置の製造方法において、フォトリソグラフィ工程を行うためにフォトレジスト液を塗布する際には、同様にして、本発明の薄膜形成方法を用いることができ、これによりフォトレジスト液の無駄を削減できるとともに、面内均一性が良好なフォトレジスト層が得られる。例えば、単結晶マトリクス型液晶表示装置や、セグメント型液晶表示装置の電極を形成するための

フォトリソグラフィ工程において、フォトレジスト液を塗布する際に、本発明の薄膜形成方法を用いることが好ましい。

【0051】また、フォトリソグラフィ工程に限らず、液体材料を用いた各種薄膜の形成工程において、本発明の薄膜形成方法を用いることができる。例えば液晶表示装置等の電気光学装置において、液体材料を用いて透明導電膜を形成する工程、層間絶縁膜を形成する工程、導電層を形成する工程、配向膜を形成する工程、平坦化膜を形成する工程、保護膜を形成する工程等に本発明の薄膜形成方法を用いることができる。

【0052】また、本発明の薄膜形成方法は、インクジェットにより塗布を行うものであるので、必ずしも基板全面に塗布を行う必要はなく、任意の平面形状の薄膜を形成することができる。したがって、基板のほぼ全面に薄膜を形成する工程に限らず、任意の形状の薄膜を形成する工程に用いることができる。

【0053】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の薄膜形成方法は、まず、基板上の薄膜を形成する領域の輪郭部に、インクジェット法により第1の塗布液を吐出して比較幅が狭い土手部を形成するので、表面状態の均一性が良好で輪郭が鮮明な土手部を形成することができる。そして、この土手部で囲まれた池部内に、第2の塗布液をインクジェット法により吐出して塗膜を形成するので、池部内の塗膜における表面状態がほぼ均一になり、表面張力の差に起因した盛り上がりが生じ難い。また、第1の塗布液と第2の塗布液とは略同一組成の膜構成成分を含有しているので、硬化後には両者が一体化して面内均一性に優れた、輪郭が鮮明な薄膜が得られる。またインクジェット法を用いるので、所定の部位に所定の塗布量で塗布液を塗布することができ、したがって、スピンコート法に比べて塗布液の無駄が格段に少なく、生産コストの削減を実現することができる。

【0054】本発明の薄膜構造体の製造方法は、基板上に薄膜が形成された薄膜構造体の製造方法であって、本発明の薄膜形成方法により前記薄膜を形成することと特徴とする。したがって、面内均一性に優れた薄膜を備えた薄膜構造体が得られるとともに、薄膜を形成するための塗布液の無駄を少なくして、生産コストの削減に寄与することができる。

【0055】本発明の半導体装置の製造方法は、層間絶縁膜を備えた半導体装置の製造方法であって、本発明の薄膜形成方法により前記層間絶縁膜を形成することと特徴とする。したがって、面内均一性に優れた層間絶縁膜を備えた半導体装置が得られるとともに、層間絶縁膜を形成するための塗布液の無駄を少なくして、生産コストの削減に寄与することができる。また、本発明の半導体装置の製造方法は、導電層をパターンニングしてなる配線を備えた半導体装置の製造方法であって、本発明の薄膜

形成方法により前記導電層を形成する工程と、該導電層をパターンニングする工程を有することと特徴とする。したがって、面内均一性に優れた配線を備えた半導体装置が得られるとともに、導電膜を形成するための塗布液の無駄を少なくして、生産コストの削減に寄与することができる。また、本発明の半導体装置の製造方法は、フォトリソグラフィ工程を含む半導体装置の製造方法であって、該フォトリソグラフィ工程が、本発明の薄膜形成方法によりフォトレジスト層を形成する工程を含むことを特徴とする。したがって面内均一性に優れたフォトレジスト層を形成することができ、高い露光精度を得ることができる。また比較的高単価であるフォトレジスト液の無駄を少なくして生産コストの削減に寄与することができる。

【0056】本発明の電気光学装置の製造方法は、基板上に透明導電膜を有する電気光学装置を製造する方法であって、本発明の薄膜形成方法により前記透明導電膜を形成することと特徴とする。したがって、面内均一性に優れた透明導電膜を備えた電気光学装置が得られるとともに、透明導電膜を形成するための塗布液の無駄を少なくして、生産コストの削減に寄与することができる。また本発明の電気光学装置の製造方法は、フォトリソグラフィ工程を含む電気光学装置の製造方法であって、該フォトリソグラフィ工程が、請求項7記載の薄膜形成方法によりフォトレジスト層を形成する工程を含むことを特徴とする。したがって面内均一性に優れたフォトレジスト層を形成することができ、高い露光精度を得ることができる。また比較的高単価であるフォトレジスト液の無駄を少なくして生産コストの削減に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1実施形態を示すもので、半導体装置の製造工程の例を工程順に示す図である。

【図2】 本発明に係る第1実施形態における、レジストパターンを形成する工程の例を工程順に示す図である。

【図3】 本発明において好適に用いられるインクジェットヘッドの例を示す概略斜視図である。

【図4】 本発明に係る第1実施形態における、レジスト層形成する工程を示したもので、(a)は土手部形成工程を示す平面図、(b)は池部内に塗膜を形成する工程を示す断面図である。

【図5】 接触角を説明するための図である。

【図6】 本発明に係る第1実施形態における、フォトリソグラフィ工程の例を工程順に示す図である。

【図7】 本発明に係る第2実施形態を示すもので、電気光学装置を構成するTFT基板の製造工程の例を工程順に示す図である。

【図8】 従来の薄膜形成方法の例を示すもので、(a)は乾燥前の薄膜の断面図、(b)は乾燥後の薄膜

の断面図である。

【符号の説明】

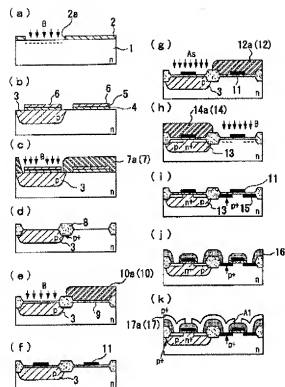
7, 10, 12, 14 フォトリソレジスト層

16 層間絶縁膜

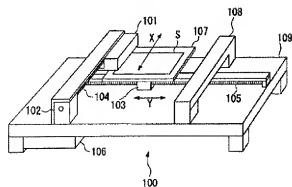
17 導電層

17a 配線

【図1】



【図3】



21 土手部

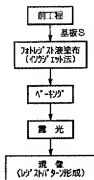
23 池部

51 TFTアレイ基板

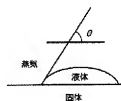
S 基板（前工程を終えた基板）

100 インクジェット装置

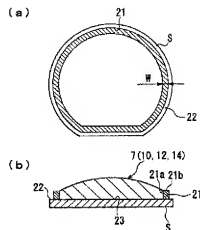
【図2】



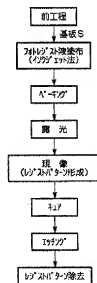
【図5】



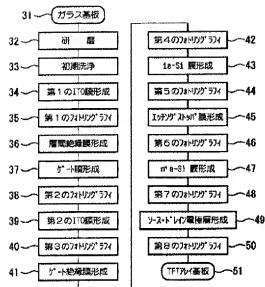
【図4】



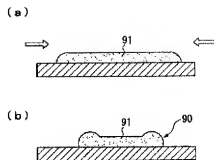
【図6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H025 AB16 AB17 EA04  
 4D075 AC07 AC08 BB61X CA47  
 DA06 DA31 DB13 DB31 DC24  
 EA07 EA21 EA45 EB52  
 4M104 DD51 DD77  
 5F033 PP26 SS21  
 5F046 JA02 JA27

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Japanese Published Patent Application (A)

(11) Japanese Published Patent Application No. 2003-126760 (P2003-126760A)

(43) Publication Date: May 7, 2003 (2003.5.7.)

5	(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	Identification Symbol	FI	Theme Code (reference)
	B05D	1/26	B05D 1/26	Z 2H025
	G03F	7/16	G03F 7/16	4D075
	H01L	21/027	H01L 21/285	Z 4M104
		21/285	21/30	564Z 5F033
10		21/768	21/90	Q 5F046
	Examination Request: Not Requested			Number of Claims: 15 OL
	(11 pages total)			

(21) Application No. 2001-324120 (P2001-324120)

(22) Application Date: October 22, 2001 (2001.10.22)

15 (71) Applicant: 000002369

SEIKO EPSON CORPORATION

4-1, Nishi-Shinjuku 2-chome, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Shintaro ASUKE

C/O SEIKO EPSON CORPORATION

20 3-5, Owa 3-chome, Suwa-shi, Nagano-ken

(74) Representative: 100095728

Patent Attorney Masataka KAMIYANAGI (2 others)

Continued on the last page

25 (54) [Title of Invention] THIN FILM FORMATION METHOD AND  
MANUFACTURING APPARATUS FOR THIN FILM STRUCTURE USING THE  
SAME, MANUFACTURING METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE, AND  
MANUFACTURING METHOD OF ELECTRO-OPTIC DEVICE

(57) [Abstract]

30 [Problem]

In a method of forming a thin film by applying an application liquid over a substrate, improvement in in-plane evenness of the thin film and improvement in sharpness of outline are to be realized, as well as reducing production cost by reducing waste of the application liquid.

35 [Means of Solving the Problem]

A thin film formation method characterized by including a step of forming a

bank portion 21 by discharging a 1st application liquid by an inkjet method, over an outline portion of a region of a substrate S where a thin film is to be formed; and a step of discharging a 2nd application liquid containing a film constituent which has nearly the same composition as that of the 1st application liquid, to a pond portion 23  
5 surrounded by the bank portion 21 by an inkjet method.

[Claims]

[Claim 1]

A method of forming a thin film by applying an application liquid over a substrate, including the steps of:

10 forming a bank portion over an outline portion of a region of the substrate where the thin film is to be formed by discharging a 1st application liquid by an inkjet method; and

discharging a 2nd application liquid containing a film constituent with a composition that is nearly the same as that of the 1st application liquid, to a pond  
15 portion surrounded by the bank portion by an inkjet method.

[Claim 2]

The thin film formation method according to claim 1, wherein the viscosity of the 2nd application liquid is less than or equal to the viscosity of the 1st application liquid.

20 [Claim 3]

The thin film formation method according to either of claims 1 and 2, wherein before discharging the 1st application liquid and/or the 2nd application liquid, a surface modification treatment is performed on a discharging surface to which the application liquid is discharged.

25 [Claim 4]

The thin film formation method according to claim 3, wherein before discharging the 1st application liquid, a 1st surface modification treatment for reducing wettability is performed on the discharging surface to which the 1st application liquid is discharged.

30 [Claim 5]

The thin film formation method according to any of claims 1 to 5, wherein before discharging the 2nd application liquid, a 2nd surface modification treatment for improving wettability is performed on the discharging surface to which the 2nd application liquid is discharged.

35 [Claim 6]

The thin film formation method according to any of claims 1 to 5, wherein a

line width of the bank portion is less than or equal to 500  $\mu\text{m}$ .

[Claim 7]

The thin film formation method according to any of claims 1 to 6, wherein the 1st application liquid and the 2nd application liquid are each a photoresist liquid.

5 [Claim 8]

A manufacturing method of a thin film structure in which a thin film is formed over a substrate, including the step of forming the thin film by the thin film formation method according to any of claims 1 to 6.

[Claim 9]

10 A manufacturing method of a semiconductor device provided with an interlayer insulating film, including the step of forming the interlayer insulating film by the thin film formation method according to any of claims 1 to 6.

[Claim 10]

15 A manufacturing method of a semiconductor device provided with a wiring made by patterning a conductive layer, including the steps of:

forming the conductive layer by the thin film formation method according to any of claims 1 to 6; and

patterning the conductive layer.

[Claim 11]

20 A manufacturing method of a semiconductor device including a photolithography step, wherein the photolithography step includes a step of forming a photoresist layer by the thin film formation method according to claim 7.

[Claim 12]

25 A manufacturing method of an electro-optic device including a transparent conductive film over a substrate, including the step of forming the transparent conductive film by the thin film formation method according to any of claims 1 to 6.

[Claim 13]

30 A manufacturing method of an electro-optic device provided with an interlayer insulating film, including the step of forming the interlayer insulating film by the thin film formation method according to any of claims 1 to 6.

[Claim 14]

A manufacturing method of an electro-optic device provided with a wiring made by patterning a conductive layer, including the steps of:

35 forming the conductive layer by the thin film formation method according to any of claims 1 to 6; and

patterning the conductive layer.



[Claim 15]

A manufacturing method of an electro-optic device including a photolithography step, wherein the photolithography step includes a step of forming a photoresist layer by the thin film formation method according to claim 7.

5 [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

The present invention relates to a method of forming a thin film over a substrate using an inkjet method, and a manufacturing method of a thin film structure, a  
10 manufacturing method of a semiconductor device, and a manufacturing method of an electro-optic device using the same.

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, the spin-coating method that is known as an application  
15 method when forming a thin film is a method of forming a thin film by dropping an application liquid over a substrate and then spinning the substrate, utilizing centrifugal force. This spin-coating method is widely used as a method of forming a thin film over an entire surface of a substrate, for example, in forming a photoresist layer used in a photolithography step.

20 [0003]

However, in the above-mentioned spin-coating method, there was a disadvantage that the production cost was high, because most of the supplied application liquid splattered away a lot of application liquid was wasted at the same time as needing to supply a lot of application liquid. There was also a disadvantage that  
25 film thickness was uneven because the substrate was spun and the application liquid flowed from the inner side to the outer side due to centrifugal force, and the film thickness of the peripheral region tended to become thicker than that of the inner side. As a countermeasure to these, a method of applying an application liquid such a photoresist using an inkjet device has been suggested in recent years.

30 [0004]

[Problems to be Solved by the Invention]

Although the method of application using an inkjet device wastes less application liquid compared to the spin-coating method because it is a method of discharging the application liquid only to a region where a coating film is to be formed,  
35 there was a problem that in-plane evenness easily became insufficient because even if the application liquid was applied evenly as shown in FIG. 8(a) for example, in the

process of drying this coating film 91 by natural drying or forced drying, a large bump shown by an edge portion 90 was formed. It is thought that this is because a force trying to shrink inward works stronger by surface tension since the edge portion 90 of the coating film 91 has a larger surface area than an inner region thereof, and because solvent vaporization from the periphery is fast, concentration distribution occurs and an effect works where a solute moves to the outer side. There was also a problem that blurring of the outline of the coating film 91 easily occurred.

[0005]

The present invention was created to solve the previously-mentioned problems, and an object is to reduce production cost by reducing waste of an application liquid, as well as to provide a thin film formation method by which improvement in in-plane evenness of a thin film and improvement in sharpness of an outline of a thin film can be realized; a manufacturing method of a thin film structure; a manufacturing method of a semiconductor device; and a manufacturing method of an electro-optic device.

[0006]

[Method for Solving the Problems]

The present invention employed the following configuration in order to solve the previously-mentioned problems. That is, a thin film formation method of the present invention is a method of forming a thin film by applying an application liquid over a substrate, characterized by including a step of forming a bank portion by discharging the 1st application liquid by an inkjet method, over an outline portion of a region of the substrate where the thin film is to be formed; and a step of discharging the 2nd application liquid that contains a film constituent with a composition that is nearly the same as that of the 1st application liquid, to a pond portion (depressed portion) surrounded by the bank portion by an inkjet method.

[0007]

Because the thin film formation method of the present invention uses an inkjet method, the application liquid can be applied to a predetermined site with a predetermined application amount. Accordingly, waste of the application liquid is drastically less than a spin-coating method, and reduction in production cost can be realized. Further, because application region and application order can be freely set in an inkjet method, the bank portion can be formed first by discharging the 1st application liquid only over the outline portion of the region where the thin film is to be formed, and then a coating film can be formed by discharging the 2nd application liquid to the pond portion on an inner side of the bank portion. Because the 1st application liquid and the 2nd application liquid contain film constituents with compositions that are

nearly the same as each other, the bank portion made of the 1st application liquid and the coating film made of the 2nd application liquid in the pond portion easily unify, and an even coating film without a border is formed as a whole.

[0008]

5        Because the previously-mentioned bank portion is provided only over the outline portion of the application region, a width thereof is relatively small; accordingly, a difference in the surface tension of an edge portion of the bank portion and the surface tension of other portions can be made small. Therefore, in a drying step, a difference in film thickness does not easily occur between the edge portion and the other portions  
10 of the bank portion, and a bank portion with a favorable evenness of height (film thickness) is obtained. Also, the bank portion made of the 1st application liquid changes by the time the 2nd application liquid is applied, and reaches a partially cured state or a cured state by the time the 2nd application liquid has been applied. Accordingly, a bank portion that is an edge portion of the entire thin film formed of the  
15 bank portion made of the 1st application liquid and the coating film made of the 2nd application liquid in the pond portion, maintains evenness of height (film thickness) in a favorable state while the coating film in the pond portion dries and cures. Further, because the coating film in the pond portion has a nearly even surface state, difference in surface tension does not easily occur. Accordingly, partial rising of the coating film  
20 in the step of drying the coating film in the pond portion can be prevented, and a thin film with excellent in-plane evenness can be obtained as a whole.

[0009]

In the thin film formation method of the present invention, it is preferable that the viscosity of the 2nd application liquid is less than or equal the viscosity of the 1st  
25 application liquid. In the thin film formation method of the present invention, by the viscosity of the 1st application liquid for forming the bank portion being higher, line width is narrower, and a bank portion in which unevenness of film thickness does not easily occur can be formed. Further, it is also preferable in forming the height of the bank portion to be tall. It is also preferable that the amount of solvent contained in the  
30 1st application liquid be little to have a high viscosity, because the bank portion comes to a partially cured state or a cured state in a shorter amount of time. Although the 2nd application liquid may have the same viscosity as the 1st application liquid, because it is applied to the pond portion which has a larger area than the bank portion, a low viscosity is preferable in terms of improving evenness of the coating film because it is  
35 easier to spread along an applied surface. In addition, with a low viscosity, a discharge defect in an inkjet device does not easily occur.

[0010]

In the thin film formation method of the present invention, it is preferable that before discharging the 1st application liquid and/or before discharging the 2nd application liquid, a surface modification treatment be performed on a discharging surface to which the application liquid is discharged. By performing a surface modification treatment on the discharging surface and changing the wettability, a contact angle of the application liquid with respect to the discharging surface can be controlled; accordingly, the shape, the film thickness, the in-plane evenness, and the like of the coating film can be controlled, and the outline of the coating film can be made to be even sharper.

[0011]

In the thin film formation method of the present invention, it is preferable that before discharging the 1st application liquid, a first surface modification treatment that lowers wettability be performed on a discharging surface to which the 1st application liquid is discharged. According to such a structure, the contact angle of the 1st application liquid with respect to the discharging surface becomes large, and the discharged 1st application liquid does not easily spread along the discharging surface. Therefore, a bank portion with a narrow width can be formed, the outline of the bank portion becomes sharp, and blurring is prevented. Further, it is also preferable in terms of forming the height of the bank portion to be tall. In addition, the rise of an outer wall of the bank portion becomes steep, and evenness in height in an edge portion also becomes favorable.

[0012]

Further, in the thin film formation method of the present invention, it is preferable that before discharging the 2nd application liquid, a 2nd surface modification treatment that improves wettability be performed on a discharging surface to which the 2nd application liquid is discharged. According to such a structure, the contact angle of the 2nd application liquid with respect to the discharging surface becomes small, and the discharged 2nd application liquid easily spreads along the discharging surface; therefore, in-plane evenness of the coating film made of the 2nd application liquid in the pond portion can be improved.

[0013]

In the thin film formation method of the present invention, it is preferable that the line width of the bank portion is less than or equal to 500  $\mu\text{m}$ . If the line width of the bank portion is less than or equal to 500  $\mu\text{m}$ , a difference in film thickness does not easily occur during a drying step because the difference in the surface tension of the

edge portion and that of the other portions is sufficiently small, a bank portion with favorable evenness of height can be obtained.

[0014]

In the thin film formation method of the present invention, a photoresist liquid can favorably be used as each of the 1st application liquid and the 2nd application liquid. Accordingly, a photoresist layer with excellent in-plane evenness can be formed, and a high light exposure precision can be obtained. Further, because waste of the photoresist liquid, which has a relatively high unit price, is little, production cost can be reduced. Specifically, the thin film formation method of the present invention can favorably be applied to a photolithography step in a manufacturing process of a semiconductor device, or a photolithography step in a manufacturing process of an electro-optic device.

[0015]

Further, the thin film formation method of the present invention can be applied to formation of thin films in a variety of fields. The manufacturing method of a thin film structure of the present invention is a manufacturing method of a thin film structure in which a thin film is formed over a substrate, characterized in that the previously-mentioned thin film is formed by the thin film formation method of the present invention. According to such a method, a thin film structure provided with a thin film with excellent in-plane evenness is obtained along with reducing waste of an application liquid that forms the thin film and reducing production cost. Specifically, the thin film formation step of the present invention can favorably be applied to a step of forming an interlayer insulating film in a manufacturing process of a semiconductor device and a manufacturing process of an electro-optic device; a step of forming a conductive layer for forming a wiring in a manufacturing process of a semiconductor device and a manufacturing process of an electro-optic device; and a step of forming a transparent conductive film in a manufacturing process of an electro-optic device.

[0016]

[Embodiment Mode]

Hereinafter, a first embodiment mode according to the present invention is described. FIG. 1 shows an example of a manufacturing process of a silicon gate CMOS device in sequence, as one example of a manufacturing method of a semiconductor device. To make a general explanation of the manufacturing process in this example, first, as shown in FIG. 1(a), an oxidation treatment is performed on a surface of an n-type substrate 1 to form an oxide film 2 entirely over the substrate surface, and then through a 1st photolithography step, an opening portion 2a for p-well

formation is formed in the oxide film 2. Then, after forming a p-well 3 by performing boron-ion implantation through this opening portion 2a, the oxide film 2 is removed. Next, as shown in FIG. 1(b), after forming a silicon oxide film 4 and a silicon nitride film 5 in this order, though a 2nd photolithography step, these silicon oxide film 4 and silicon nitride film 5 are patterned to form a field-region formation pattern 6.

[0017]

Next, as shown in FIG. 1(c), after forming a photoresist layer 7 over an entire surface, through a 3rd photolithography step, this photoresist layer 7 is patterned to form a p-channel cover pattern (resist pattern) 7a. Then, after forming a channel stopper by performing boron-ion implantation, the resist pattern 7a is removed. Next, as shown in FIG. 1(d), after forming a field oxide film 8, the silicon oxide film 4 and the silicon nitride film 5 are removed. Subsequently, as shown in FIG. 1(e), after forming a gate oxide film 9, by forming a photoresist layer 10 over the entire surface and patterning this photoresist layer 10 through a 4th photolithography step, a Vth control pattern (resist pattern) 10a is formed. Then, after forming a Vth control by performing boron-ion implantation, the resist pattern 10a is removed. Then, as shown in FIG. 1(f), after forming a polysilicon layer 11 over the entire surface then subsequently performing phosphorus diffusion over the entire surface, the polysilicon layer 11 is patterned through a 5th photolithography step.

[0018]

Next, as shown in FIG. 1(g), a photoresist layer 12 is formed over the entire surface, then by patterning this photoresist layer 12 by a 6th photolithography step, a resist pattern 12a for covering a region other than a region for an n-channel source/drain opening portion is formed. Then, after forming an n-channel source/drain 13 by performing arsenic-ion implantation, the resist pattern 12a is removed. Next, as shown in FIG. 1(h), by forming a photoresist layer 14 over the entire surface and patterning this photoresist layer 14 through a 7th photolithography step, a resist pattern 14a for covering a region other than a region for a p-channel source/drain opening portion is formed. Then, boron-ion implantation is performed. By this, as shown in FIG. 1(i), a p-channel source/drain 15 is formed, and then the resist pattern 14a is removed. Next, as shown in FIG. 1(j), after forming an interlayer insulating film 16 over the entire surface and reflowing, a p-contact opening portion is formed by patterning the interlayer insulating film 16 through an 8th photolithography step. Subsequently, as shown in FIG. 1(k), after forming a conductive layer 17 over the entire surface, a wiring 17a is formed by patterning the conductive layer 17 through a 9th photolithography step. After this, although not shown in the figure, a passivation film is formed over the entire

surface, then a bonding opening portion is formed in the passivation film through a 10<sup>th</sup> photolithography step.

[0019]

FIG. 2 is an explanatory diagram that roughly shows a process of forming resist patterns 7a, 10a, 12a, and 14a. In this embodiment mode, the process of forming the photoresist layers 7, 10, 12, and 14 is performed using the thin film formation method of the present invention. To form the resist patterns 7a, 10a, 12a, and 14a, first, as shown in FIG. 2, a photoresist liquid is applied over almost an entire surface of the substrate S (hereinafter may simply be referred to as substrate S), which has gone thorough a preceding step, by the thin film formation method of the present invention using an inkjet method, and then curing a coating film by baking to form the photoresist layer 7 (10, 12, 14). Then, by exposing this photoresist layer 7 (10, 12, 14) through a photomask that has a light-blocking portion of a predetermined shape, and then developing it, the resist pattern 7a, (10a, 12a, 14a) with a predetermined shape is obtained.

[0020]

FIG. 3 is a general perspective view showing an example of an inkjet device favorably used to apply the photoresist liquid. A device 100 of this example is provided with an inkjet-head group 101, an X-direction drive axis 104, a Y-direction guide axis 105, a control device 106, a placement board 107, a cleaning mechanism portion 108, and a base 109. The placement base 107 is formed to be movable over the Y-direction guide axis 105, and has a mechanism for fixing the substrate S, which receives a liquid material, to a standard position. The inkjet-head group 101 is provided with a plurality of inkjet heads each provided with a nozzle (discharging mouth) that discharges the liquid material towards the substrate S that is over the placement board 107. Note that although a plurality of inkjet heads are provided in this embodiment mode, just one inkjet head may be provided.

[0021]

An X-direction drive motor 102 is connected to the X-direction drive axis 104. The X-direction drive motor 102 is a stepping motor or the like, and turns the X-direction drive axis 104 when a drive signal of an X-axis direction is supplied from the control device 106. When the X-direction drive axis 104 turns, the inkjet head group 101 moves in the X-axis direction. The Y-direction guide axis 105 is fixed to the base 109 so as not to move, and the placement board 107 over the Y-direction guide axis 105 is connected to the Y-direction drive motor 103. The Y-direction drive motor 103 is a stepping motor or the like, and moves the placement board 107 in a Y-axis

direction when a drive signal of the Y-axis direction is supplied from the control device 106. The control device 106 supplies each inkjet head provided in the inkjet head group 101 a voltage for controlling discharge of ink drops. Further, the control device 106 supplies to the X-direction drive motor 102 a drive pulse signal (drive signal of the X-axis direction) for controlling movement of the inkjet head group 101 in the X-axis direction, as well as supplies to the Y-direction drive motor 103 a drive pulse signal (drive signal of the Y-axis direction) for controlling movement of the placement board 107 in the Y-axis direction.

[0022]

The cleaning mechanism portion 108 is provided with a mechanism for cleaning the inkjet head group 101. The cleaning mechanism portion 108 is connected to a drive motor that is not shown in the figure, and the cleaning mechanism portion 108 is formed so that by driving this drive motor, it can be moved along the Y-direction guide axis 105. Movement of the cleaning mechanism portion 108 is also controlled by the control device 106.

[0023]

Using an inkjet device 100 with such a structure, a step of applying a photoresist liquid will be described. First, as shown in FIG. 4(a), the bank portion 21 is formed by discharging a 1st photoresist liquid (application liquid) to the substrate S, which has gone through a preceding step, using the inkjet device 100. If needed, the 1st surface modification treatment is preferably performed prior thereto.

[0024]

As the 1st surface modification treatment, a treatment is performed by which wettability of a discharging surface to which the 1st photoresist liquid is discharged is reduced so that the contact angle of the 1st photoresist liquid with respect to this discharging surface becomes large. As a specific method, the following can be given: a method of emitting ultraviolet light with a wavelength of about 170 to 400 nm; a method of exposure in an ozone atmosphere; a method of performing vacuum plasma irradiation using a variety of gasses appropriately; a method of performing normal pressure (atmospheric pressure) plasma irradiation using a variety of gases appropriately; for example an HMDS treatment (a method of turning  $(\text{CH}_3)_3\text{SiNH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$  into a vapor state and applying it) or the like using a coupling agent; a method combining a plurality of methods such as a method of exposing to an ozone atmosphere while emitting ultraviolet light, for example; or the like. With regard to these surface modification treatment methods, what type of change in wettability caused by which treatment method depends on a property of a discharging



surface to which the treatment is performed, a property of the 1st photoresist liquid that is discharged there, and compatibility of the two; therefore, a method is appropriately selected according to the state of the discharging surface or the composition of the 1st photoresist liquid.

5 [0025]

It is acceptable as long as the 1st surface modification treatment is performed on at least a portion of a surface of the substrate S, which has gone through a preceding step, where the 1st photoresist liquid is to be discharged, it may be performed to the entire surface of the substrate S. Further, because wettability of the discharging surface to which the 1st surface modification treatment is performed can change with time, it is preferable to perform the 1st surface modification treatment right before discharging the 1st photoresist liquid. Here, the contact angle of the photoresist liquid (liquid) with respect to the discharging surface (solid) refers to, as shown in FIG. 5, an angle  $\theta$  formed by a tangent line of a liquid surface and a solid surface, at a point where all three of solid, liquid, and vapor come into contact.

15 [0026]

The 1st photoresist liquid is obtained by diluting a resist material (film constituent) made of a photosensitive resin with an appropriate solvent. Although it is preferable that the 1st photoresist liquid has high viscosity in terms of forming a bank portion with a narrow width, that is, a bank portion in which unevenness of film thickness does not easily occur, it becomes easy for a discharge defect to occur in the inkjet device if the viscosity is too high. Accordingly, it is preferable that the viscosity of the 1st photoresist liquid be lower than or equal to 20 cp, and more preferably about 12 cp to 8 cp. Further, it is preferable that the time it takes for the 1st photoresist liquid to come to a partially cured state or a cured state when left alone be short. Therefore, it is preferable to make the proportion of the solvent to be small, use a fast-drying solvent. Alternatively, the speed of volatilization of the solvent can also be controlled by changing atmosphere composition.

25 [0027]

In this embodiment mode, as shown in FIG 4(a), the 1st photoresist liquid is discharged so as to draw a near circle along the periphery of the substrate S leaving a little bit of a blank portion 22 around a peripheral portion. That is, in this embodiment mode, a region in which the photoresist layer 7 (10, 12, 14) is formed is a region over the substrate S excluding the blank portion 22 of the peripheral portion. Accordingly, the 1st photoresist liquid is applied to be nearly circular over an outline portion of this region where the photoresist layer 7 (10, 12, 14) is formed. Here, the outline portion

35

refers to a region including the outline and a belt-like portion on the inner side of the outline. In this manner, by providing the blank portion 22 in the peripheral portion of the substrate S, the 1st photoresist liquid discharged over the surface of the substrate S can be prevented from attaching to the reverse side of the substrate S, and a cleaning operation thereafter can be made easy.

[0028]

It is preferable that a line width W (width right after application) of the nearly circular bank portion 21 formed of the 1st photoresist liquid is less than or equal to 500  $\mu\text{m}$ , because if it is too wide, unevenness of film thickness occurs easily due to a difference in surface tension in a line-width direction of the bank portion 21. On the other hand, if the line width W is too narrow, application by an inkjet method becomes difficult, so it is preferable that the line width W of the bank portion 21 is more than or equal to 80  $\mu\text{m}$ . Further, the height of the bank portion 21 (height right after application) is set so that the height after going through a baking step is equal to the thickness of the photoresist layer 7 (10, 12, 14) after curing, which is to be formed over the substrate S. Although the degree to which the bank portion shrinks in between the time of application and after baking depends on the composition of the 1st photoresist liquid, the height of the bank portion 21 at the time of application is preferably about 2 to 4  $\mu\text{m}$  in the case of setting the thickness of the photoresist layer 7 (10, 12, 14) after curing to be 1  $\mu\text{m}$ , for example. Further, to form the bank portion 21 to have a desired height, the 1st photoresist liquid may be discharged plural times and applied in multiple layers.

[0029]

After forming the bank portion 21 in this manner, as shown in FIG 4(b), a 2nd photoresist liquid (application liquid) is discharged in the pond portion 23 surrounded by the bank portion 21, by the inkjet device 100. If needed, the 2nd surface modification treatment is preferably performed prior thereto.

[0030]

As the 2nd surface modification treatment, a treatment is performed by which wettability of a discharging surface to which the 2nd photoresist liquid is discharged is improved so that the contact angle of the 2nd photoresist liquid with respect to this discharging surface becomes small. The surface to which the 2nd surface modification treatment is to be performed here preferably includes at least a bottom surface of the pond portion 23 surrounded by the bank portion 21, an inner wall 21a of the bank portion 21, and an upper surface 21b of the bank portion 21. As specific methods of the 2nd surface modification treatment, the same methods as those of the

above-described 1st surface modification treatment can be used. With regard to these surface modification treatment methods, what type of change in wettability caused by which treatment method depends on a property of a discharging surface to which the treatment is performed, a property of the 2nd photoresist liquid that is discharged there, and compatibility of the two; therefore, a method is appropriately selected according to the state of the discharging surface or the composition of the 2nd photoresist liquid. Further, because wettability of the discharging surface to which the 2nd surface modification treatment is performed can change with time, it is preferable to perform the 2nd surface modification treatment right before discharging the 2nd photoresist liquid.

[0031]

A film constituent of the 2nd photoresist liquid other than the solvent has nearly the same composition as a film constituent of the 1st photoresist liquid, and the 2nd photoresist liquid is prepared so that a coating film made of the 1st photoresist liquid and a coating film made of the 2nd photoresist do not separate from each other and easily combine. Specifically, the 2nd photoresist liquid can be obtained by diluting a resist material (film constituent) made of the same photosensitive resin as that of the 1st photoresist liquid with an appropriate solvent. Although the viscosity of the 2nd photoresist liquid may be the same as that of the 1st photoresist liquid, a low viscosity is preferable in terms of improving evenness of the coating film because it is easier to spread along the bottom surface of the pond portion 23 after discharging, and the coating film is easily planarized and uneven application does not easily occur. In addition, with the 2nd photoresist liquid having a low viscosity, a discharge defect in an inkjet device does not easily occur, which is preferable. However, although the viscosity is lowered as the blending quantity of the solvent increases, there is more shrinkage of the film before and after baking, and the time required for baking also increases. Accordingly, the viscosity of the 2nd photoresist liquid is preferably about 8 cp to 2 c, and more preferably about 5 cp to 3 cp.

[0032]

In this embodiment mode, application of the 2nd photoresist liquid can be performed using an inkjet device with the same structure as the inkjet device 100 used for applying the 1st photoresist liquid. The 2nd photoresist liquid is discharged so that the entire pond portion 23 is filled. Further, because the coating film shrinks after going through the baking step and the solvent is removed, it is preferable to apply the 2nd photoresist liquid so as to have the same thickness as the bank portion 21 in the peripheral portion of the pond portion 23, and rises in a center portion to be thicker than

the peripheral portion right after application of the 2nd photoresist liquid, as shown in FIG. 4(b). The height (height right after application) of the coating film at the center of the pond portion 23 is preferably set by taking into consideration the shrinkage of the bank portion 21 and the shrinkage of the coating film in the pond portion 23, in between the time of application of the 2nd photoresist liquid and after baking, so that the bank portion 21 and the coating film in the pond portion 23 forms a layer with even thickness after baking. In the case of setting the height of the photoresist layer 7 (10, 12, 14) after baking to be 1  $\mu\text{m}$ , for example, the height (height right after application) of the coating film at the center of the pond portion 23 is preferably about 2 to 4  $\mu\text{m}$ . Further, to form the coating film in the pond portion 23 to have a desired height, the 2nd photoresist liquid may be discharged plural times and applied in multiple layers.

[0033]

Also, when the 2nd photoresist liquid is applied to the pond portion 23 by an inkjet method, it is preferable to start application at the center portion of the pond portion 23 and subsequently apply outwards. By doing so, the time it takes for the 2nd photoresist liquid to come into contact with the bank portion 21 after the bank portion 21 is formed becomes longer, and it is preferable because curing of the bank portion 21 advances until the 2nd photoresist liquid comes in contact therewith.

[0034]

In this manner, by applying the 2nd photoresist liquid in the pond portion 23 surrounded by the bank portion 21 and then baking using an appropriate method, the solvent is removed and the coating film is cured, and the photoresist layer 7 (10, 12, 14) is formed over almost the entire surface of the substrate S. Because the 1st photoresist liquid forming the bank portion 21 and the 2nd photoresist liquid forming the coating film in the pond portion 23 are formed of resist materials (film constituents) with nearly the same composition, the bank portion 21 and the coating film in the pond portion 23 combine, and the even photoresist layer 7 (10, 12, 14) without a border is formed. This photoresist layer 7 is formed by the coating film being formed in the pond portion 23 while the bank portion 21 is partially cured or cured, then the two becoming combined, a rise at the edge portion is extremely small, and is a thin film with favorable in-plane evenness of thickness as a whole.

[0035]

According to this embodiment mode, the photoresist layer 7 (10, 12, 14) with excellent in-plane evenness is formed over almost the entire surface of the substrate S, in a photolithography step in a manufacturing process of a semiconductor device. This photoresist layer 7 (10, 12, 14) is exposed to light in a subsequent step as shown in FIG.

2, and a high exposure precision is obtained because it has excellent in-plane evenness. Accordingly, the resist patterns 7a (10a, 12a, 14a) obtained by developing after this light exposure has high form precision, and form precision of the semiconductor device can be improved. Further, although a photoresist liquid has a relatively high unit price, it is applied using an inkjet method, which can reduce waste of the photoresist liquid. For example, utilization efficiency of an application liquid in application by a spin-coating method is generally about 5 %, and about 95 % becomes wasted, whereas in this embodiment mode, utilization efficiently of the photoresist liquid is about 80 to 90 %, which is drastically higher, and a significant reduction in production cost is realized.

[0036]

Further, in this embodiment mode, the 1st photolithography step for patterning the oxide film 2 can be performed using the thin film formation method of the present invention. FIG. 6 is a descriptive chart roughly showing the 1st photolithography step for patterning the oxide film 2. That is, over almost the entire surface of the substrate S that has gone through a preceding step, that is, the substrate S over which the oxide film 2 is formed, a photoresist liquid (application liquid) is applied by an inkjet method. This step of applying the photoresist liquid is performed after forming the bank portion 21, by a method of forming the coating film in the pond portion 23 surrounded by the bank portion 21, in a similar manner to the previously-mentioned method. Then, by forming a photoresist layer (not shown in the figure) by baking and curing the coating film and then exposing this photoresist layer to light through a photomask having a light-blocking portion of a predetermined shape and developing it, a resist pattern of a predetermined shape is obtained. Up to here, the same steps for forming the previously-mentioned resist pattern 7a (10a, 12a, 14a) can be performed. After this, using the resist pattern that is cured as an etching mask, a lower layer of the resist pattern, that is, the oxide film 2 is etched, and then the resist pattern is removed. Accordingly, a patterned oxide film 2 is obtained.

[0037]

By using such a method, a photoresist layer with excellent in-plane evenness can be formed over almost the entire surface of the substrate S in the 1st photolithography step for patterning the oxide film 2, and a high light exposure precision can be obtained when this is exposed to light. Accordingly, form precision of the resist pattern obtained by developing after light exposure is high, and when the oxide film 2 is etched using this resist pattern as an etching mask, favorable etching precision is obtained. Further, waste of the photoresist liquid which has a relatively high unit price

is reduced, and this contributes to reduction in production cost.

[0038]

Also, in this embodiment mode, in addition to the 1st photolithography step for patterning the oxide film 2, the thin film formation method of the present invention can be used in a similar manner to form a photoresist layer with the steps shown in FIG. 6 in the 2nd photolithography step for patterning the silicon oxide film 4 and the silicon nitride film 5; the 5th photolithography step for patterning the polysilicon layer 11; the 8th photolithography step for patterning the interlayer insulating film 16; the 9th photolithography step for patterning the Al sputter layer 17; and the 10th photolithography step for patterning the passivation film; and similar effects are obtained.

[0039]

Further, in this embodiment mode, the step of forming the interlayer insulating film 16 over almost the entire surface of the substrate S that has gone through a preceding step can be performed using the thin film formation method of the present invention. In other words, after forming the bank portion 21, using an application-type liquid material such as an interlayer insulating film liquid material or a porous interlayer insulating film liquid material as a material for forming the interlayer insulating film 16, the interlayer insulating film 16 can be formed by a method of forming a coating film in the pond portion 23 surrounded by this bank portion 21 that is similar to the method of applying a photoresist liquid using the previously-mentioned inkjet device 100.

[0040]

Using such a method, an interlayer insulating film 16 with excellent in-plane evenness can be formed over almost the entire surface of the substrate S, as well as reduce waste of the liquid material and contribute to reduction in production cost.

[0041]

Further, in this embodiment mode, the step of forming the conductive layer 17 over almost the entire surface of the substrate S after going through a preceding step can be performed using the thin film formation method of the present invention. In other words, after forming the bank portion 21, using a liquid material for forming an ITO film for example, as a material for forming the conductive layer 17, the conductive layer 17 can be formed by a method of forming a coating film in the pond portion 23 surrounded by this bank portion 21 that is similar to the method of applying a photoresist liquid using the previously-mentioned inkjet device 100. Then, the wiring 17a is formed by patterning this conductive layer 17 in the 9th photolithography step.

[0042]

Using such a method, a conductive layer 17 with excellent in-plane evenness can be formed over almost the entire surface of the substrate S, and a wiring 17a with excellent in-plane evenness is obtained. Also, there is little waste of the liquid material and this contributes to reduction in production cost.

5 [0043]

Note that although an example of a manufacturing process of a silicon gate CMOS device is described as an example of a manufacturing method of a semiconductor device in this embodiment mode, in addition to this example, the thin film formation method of the present invention can be used in a similar manner for forming a photoresist layer, forming an interlayer insulating film, or forming a conductive layer, in a manufacturing process of a silicon gate nMOS device or a p-n junction separation type bipolar device.

10 [0044]

Next, as a second embodiment mode according to the present invention, a manufacturing method of an electro-optic device will be described. FIG. 7 shows one example of a manufacturing process of a TFT array substrate 51 in which a TFT (Thin Film Transistor) is formed over a glass substrate, in sequential order of steps. As a transparent substrate provided with a switching element, the TFT substrate 51 of this embodiment mode is used as a member in a variety of electro-optic devices, such as a liquid crystal display device, an organic EL display, and a field-emission display.

20 [0045]

In the figure, a reference numeral 31 denotes a glass substrate. To make a general explanation of a manufacturing process of this example, first, a polishing step 32 and subsequently an initial washing step 33 are performed on the glass substrate 31, and then a 1st ITO (indium tin oxide) film formation step 34 is performed. Then, a 1st ITO film is patterned in a 1st photolithography step 35. Next, an interlayer insulating film formation step 36 is performed, and then after performing a gate film formation step 37, a gate film is patterned in a 2nd photolithography step 38. Subsequently, after performing a 2nd ITO film formation step 39, a 2nd ITO film is patterned in a 3rd photolithography step 40.

30 [0046]

Next, after performing a gate insulating film formation step 41, a gate insulating film is patterned in a 4th photolithography step 42. Then, after performing an i-type amorphous-silicon film (ia-Si film) formation step 43, an ia-Si film is patterned in a 5th photolithography step 44. Subsequently, after performing an etching stopper film formation step 45, an etching stopper film is patterned in a 6th

35

photolithography step 46. Then, after performing a  $n^+$ -type amorphous-silicon film ( $n^+$ -a-Si film) formation step 47, a  $n^+$ -a-Si film is patterned in a 7th photolithography step 48. Next, after performing a source/drain electrode layer formation step 49, a source/drain electrode layer is patterned in an 8th photolithography step 50, and the TFT array substrate (inversely-staggered) 51 is obtained.

[0047]

In this embodiment mode, in the step of patterning the 1st ITO film by the 1st photolithography step 35, the thin film formation method of the present invention is used to form a photoresist, by following the steps shown in FIG. 6. That is, first, a photoresist liquid is applied to almost the entire surface of the substrate S that has gone through the 1st ITO film formation step 34. This step of applying the photoresist liquid is performed after first forming the bank portion 21 using the 1st photoresist liquid, by a method of forming a coating film with the 2nd photoresist liquid in the pond portion 23 surrounded by the bank portion 21, in a similar manner to the previously-mentioned method. Then, by forming a photoresist layer by baking and curing the coating film and then exposing this photoresist layer to light through a photomask having a light-blocking portion of a predetermined shape and developing it, a resist pattern of a predetermined shape is obtained. Subsequently, using the resist pattern that is cured as an etching mask, the 1st ITO film is etched, and then the resist pattern is removed. Accordingly, a patterned ITO film is obtained.

[0048]

Further, in this embodiment mode, the thin film formation method of the present invention is used not only in the 1st photolithography step 35, but also in the 2nd to 8th photolithography steps 38, 40, 42, 44, 46, 48, and 50, in a similar manner, by following the steps shown in FIG. 6.

[0049]

According to this embodiment mode, in each of the 1st to 8th photolithography steps 35, 38, 40, 42, 44, 46, 48, and 50, a photoresist layer with excellent in-plane evenness can be formed over almost the entire surface of the substrate S, and a high light exposure precision is obtained when it is exposed to light. Accordingly, form precision of the resist pattern obtained by developing after light exposure is high, and by using this resist pattern as an etching mask to perform etching, favorable etching precision is obtained. Further, waste of the photoresist liquid which has a relatively high unit price is reduced, and this contributes to reduction in production cost.

[0050]

Note that although an example of a manufacturing process of a TFT substrate



forming an electro-optic device is given in this embodiment mode, in addition to this, In manufacturing methods of various electro-optic devices, the thin film formation method of the present invention can be used in a similar manner when applying a photoresist liquid to perform a photolithography step, and waste of the photoresist liquid can be reduced along with obtaining a photoresist layer with favorable in-plane evenness. For example, in a photolithography step for forming an electrode of a simple matrix liquid crystal display device or a segmented liquid crystal display device, it is preferable to use the thin film formation method of the present invention when applying the photoresist liquid.

10 [0051]

Further, in addition to a photolithography step, the thin film formation method of the present invention can be used in formation steps of various thin films using a liquid material. For example, in an electro-optic device such as a liquid crystal display device, the thin film formation method of the present invention can be used in a step of forming a transparent conductive film using a liquid material; a step of forming an interlayer insulating film; a step of forming a conductive layer; a step of forming an orientation film; a step of forming a planarizing film; a step of forming a protective film; or the like.

[0052]

Also, because the thin film formation method of the present invention also performs application by an inkjet, it is not always necessary to perform application over an entire surface of a substrate, and a thin film with an arbitrary planar shape can be formed. Accordingly, in addition to a step of forming a thin film over almost the entire surface of the substrate, the thin film formation method of the present invention can be used in a step of forming a thin film with an arbitrary shape.

[0053]

[Effect of the Invention]

As described in detail above, in the thin film formation method of the present invention, because a bank portion with a relatively narrow width is formed first by discharging the 1st application liquid by an inkjet method over the outline portion of the region of a substrate where a thin film is to be formed, a bank portion with a sharp outline and a favorable evenness of a surface state can be formed. Further, because a coating film is formed in a pond portion surrounded by this bank portion by discharging the 2nd application liquid by an inkjet method, a surface state of the coating film in the pond portion becomes virtually even, and a rise due to a difference in surface tensions does not easily occur. Further, because the 1st photoresist liquid and the 2nd

30

35

photoresist liquid contain film constituents with nearly the same composition, the two combine after curing, and a thin film with excellent in-plane evenness and a sharp outline is obtained. Furthermore, because the thin film formation method of the present invention uses an inkjet method, the application liquid can be applied to a predetermined site with a predetermined application amount; accordingly, waste of the application liquid is drastically less than a spin-coating method, and reduction in production cost can be realized.

[0054]

The manufacturing method of a thin film structure of the present invention is a manufacturing method of a thin film structure in which a thin film is formed over a substrate, characterized in that the previously-mentioned thin film is formed by the thin film formation method of the present invention. Accordingly, a semiconductor device provided with an interlayer insulating film with excellent in-plane evenness is obtained, as well as reduction in waste of an application liquid for forming the interlayer insulating film, and this contributes to reduction in production cost.

[0055]

The manufacturing method of a semiconductor device of the present invention is a manufacturing method of a semiconductor device provided with an interlayer insulating film, characterized in that the previously-mentioned interlayer insulating film is formed by the thin film formation method of the present invention. Accordingly, a semiconductor device provided with an interlayer insulating film with excellent in-plane evenness can be obtained, as well as reduction in waste of an application liquid for forming the interlayer insulating film, and this contributes to reduction in production cost. Further, the manufacturing method of a semiconductor device of the present invention is a manufacturing method of a semiconductor device provided with a wiring formed by patterning a conductive layer, characterized by including a step of forming the previously-mentioned conductive layer by the thin film formation method of the present invention and a step of patterning the conductive layer. Accordingly, a semiconductor device provided with a wiring with excellent in-plane evenness is obtained, as well as reduction in waste of an application liquid for forming the conductive film, and this contributes to reduction in production cost. Furthermore, the manufacturing method of a semiconductor device of the present invention is a manufacturing method of a semiconductor device that contains a photolithography step, characterized in that the photolithography step includes a step of forming a photoresist layer by the thin film formation method of the present invention. Accordingly, a semiconductor device provided with a wiring with excellent in-plane evenness can be

obtained, as well as reduction in waste of an application liquid for forming the conductive film, and this contributes to reduction in production cost. Furthermore, the manufacturing method of a semiconductor device of the present invention is a manufacturing method of a semiconductor device including a photolithography step, characterized in that the photolithography step includes a step of forming a photoresist layer by the thin film formation method of the present invention. Accordingly, a photoresist layer with excellent in-plane evenness can be formed, and a high light exposure precision can be obtained. Also, waste of the photoresist liquid that has a relatively high unit price is reduced and this contributes to reduction in production cost.

[0056]

The manufacturing method of an electro-optic device of the present invention is a method of manufacturing an electro-optic device including a transparent conductive film over a substrate, characterized in that the previously-mentioned transparent conductive film is formed by the thin film formation method of the present invention. Accordingly, an electro-optic device provided with a transparent conductive film with excellent in-plane evenness can be obtained, as well as reduction in waste of an application liquid for forming the transparent conductor film, and this contributes to reduction in production cost. Further, the manufacturing method of an electro-optic device of the present invention is a manufacturing method of an electro-optic device including a photolithography step, characterized in that the photolithography step includes a step of forming a photoresist layer by the thin film formation method according to claim 7. Accordingly, a photoresist layer with excellent in-plane evenness can be formed, and a high light exposure precision can be obtained. Also, waste of the photoresist liquid that has a relatively high unit price is reduced and this contributes to reduction in production cost.

#### [Brief Description of Drawings]

[FIG. 1] diagrams showing an example of a manufacturing process of a semiconductor device in sequential order of steps, showing the first embodiment mode according to the present invention;

[FIG. 2] a chart showing an example of a process of forming a resist pattern in sequential order of steps, in the first embodiment mode according to the present invention;

[FIG. 3] a general perspective view showing an example of an inkjet head favorably used in the present invention;

[FIG. 4] (a) is a plan view showing a bank portion formation step and (b) is a

cross-sectional view showing a step of forming a coating film in a pond portion, and they show a step of forming a resist layer in the first embodiment mode according to the present invention;

[FIG. 5] a diagram for explaining a contact angle;

- 5 [FIG. 6] a chart showing an example of a photolithography step in sequential order of steps, in the first embodiment mode of the present invention;

[FIG. 7] a chart showing an example of a manufacturing process of a TFT substrate forming an electro-optic device in sequential order of steps, showing the second embodiment mode according to the present invention;

- 10 [FIG. 8] (a) is a cross-sectional view of a thin film before drying and (b) is a cross-sectional view of the thin film after drying, and they show an example of a conventional thin film formation method.

[Explanation of Numerals]

- 15 7, 10, 12, 14: photoresist layer

16: interlayer insulating film

17: conductive layer

17a: wiring

21: bank portion

- 20 23: pond portion

51: TFT array substrate

S: substrate (resulting substrate after preceding step)

100: inkjet device

- 25 [FIG. 1]

[FIG. 2]

PRECEDING STEP

SUBSTRATE S

PHOTORESIST LIQUID APPLICATION (INKJET METHOD)

- 30 BAKING

LIGHT EXPOSURE

DEVELOPMENT (RESIST PATTERN FORMATION)

[FIG. 3]

[FIG. 4]

- 35 [FIG. 5] vapor; liquid; solid

[FIG. 6]

PRECEDING STEP  
 SUBSTRATE S  
 PHOTORESIST LIQUID APPLICATION (INKJET METHOD)  
 BAKING  
 5 LIGHT EXPOSURE  
 DEVELOPMENT (RESIST PATTERN FORMATION)  
 CURING  
 ETCHING  
 RESIST PATTERN REMOVAL  
 10 [FIG. 7]  
 31: GLASS SUBSTRATE  
 32: POLISHING  
 33: INITIAL CLEANING  
 34: FIRST ITO FILM FORMATION  
 15 35: 1st PHOTOLITHOGRAPHY  
 36: INTERLAYER INSULATING FILM FORMATION  
 37: GATE FILM FORMATION  
 38: 2nd PHOTOLITHOGRAPHY  
 39: 2nd ITO FILM FORMATION  
 20 40: 3rd PHOTOLITHOGRAPHY  
 41: GATE INSULATING FILM FORMATION  
 42: 4th PHOTOLITHOGRAPHY  
 43: ia-Si FILM FORMATION  
 44: 5th PHOTOLITHOGRAPHY  
 25 45: ETCHING STOPPER FILM FORMATION  
 46: 6th PHOTOLITHOGRAPHY  
 47: n<sup>+</sup> a-Si FILM FORMATION  
 48: 7th PHOTOLITHOGRAPHY  
 49: SOURCE/DRAIN ELECTRODE LAYER FORMATION  
 30 50: 8th PHOTOLITHOGRAPHY  
 51: TFT ARRAY SUBSTRATE  
 [FIG. 8]

---

Continued from the front page

35 F term (reference) 2H025 AB16 AB17 EA04

5

4D075	AC07	AC08	BB61X	CA47	
	DA06	DA31	DB13	DB31	DC24
	EA07	EA21	EA45	EB52	
4M104	DD51	DD77			
5F033	PP26	SS21			
5F046	JA02	JA27			